



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

PCT/IB04/51432

REC'D 12 AUG 2004

WIPO PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03102610.7

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:  
Application no.: 03102610.7  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 20.08.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards  
GmbH  
Steindamm 94  
20099 Hamburg  
ALLEMAGNE  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren und Einrichtung zur Strömungsrekonstruktion

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

A61B6/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

## Verfahren und Einrichtung zur Strömungsrekonstruktion

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur dreidimensionalen Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem mit Hilfe von  
 5 zweidimensionalen Projektionen des Gefäßsystems während einer Kontrastmittelinjektion.

Zur Beurteilung von Erkrankungen eines Gefäßsystems ist es wünschenswert, die dort vorherrschenden Strömungsverhältnisse in Verbindung mit einem dreidimensionalen Modell des Gefäßbaumes zu kennen. In diesem Zusammenhang ist es zum Beispiel aus der  
 10 US 4 577 222 bekannt, Kontrastmittel in ein Gefäßsystem zu injizieren und die Ausbreitung des Kontrastmittels mit Hilfe einer Serie von Projektionsaufnahmen zu verfolgen. Des Weiteren ist es aus der dreidimensionalen Röntgen-Rotationsangiografie ("3D-RA") bekannt, einen dreidimensionalen Gefäßbaum aus zweidimensionalen Projektionsaufnahmen des Gefäßbaumes aus unterschiedlichen Richtungen zu  
 15 rekonstruieren. Auch bei der Herstellung solcher Angiogramme wird in der Regel ein Kontrastmittel injiziert, damit sich der zu erfassende Gefäßbaum möglichst gut auf den Röntgenaufnahmen darstellt.

Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel zur  
 20 dreidimensionalen Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem bereitzustellen, welche eine möglichst geringe Belastung für den Patienten beinhalten.

Diese Aufgabe wird durch eine Einrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Vorteilhafte  
 25 Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die erfindungsgemäße Einrichtung dient der dreidimensionalen Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem mit Hilfe von zweidimensionalen Projektionen des Gefäßsystems während einer Kontrastmittelinjektion. Unter  
 30 "Kontrastmittel" soll diesbezüglich in einem weiten Sinne jedes Medium oder Objekt

verstanden werden, dessen Bewegung in einem Gefäßsystem beobachtbar ist und dabei Rückschlüsse auf die Strömungsverhältnisse im Gefäßsystem erlaubt. Die Einrichtung enthält die folgenden Komponenten:

- 5    -    Eine bildgebende Vorrichtung zur Erzeugung von zweidimensionalen Projektionsaufnahmen des Gefäßsystems aus unterschiedlichen Richtungen. Bei dieser Vorrichtung kann es sich insbesondere um eine Rotations-Röntgenapparatur handeln, wie sie zum Beispiel aus der Computertomografie bekannt ist.
- 10   -    Eine Injektionseinrichtung zur gesteuerten Injektion eines Kontrastmittels in das Gefäßsystem. In der Regel wird eine solche Injektionseinrichtung eine Injektionspumpe und einen Katheter umfassen, wobei der Katheter über einen Zugang zum Gefäßsystem bis an den interessierenden Untersuchungsort (z.B. das Herz) vorgeschoben wird.
- 15   -    Eine mit der bildgebenden Vorrichtung gekoppelte Steuereinheit, welche dazu eingerichtet ist, die bildgebende Vorrichtung gemäß den folgenden Schritten anzusteuern:
  - 20   a)    Erster Schritt: Erzeugung von Projektionsaufnahmen des Gefäßsystems aus derselben Projektionsrichtung während des Einfließens des Kontrastmittels, das heißt vom Beginn einer Kontrastmittelinjektion an. Die Aufnahmerate ist in diesem Falle hoch zu wählen, damit die Ausbreitung des Kontrastmittels im Gefäßsystem mit guter zeitlicher Auflösung auf den Projektionsaufnahmen erfasst
  - 25   wird.
  - 30   b)    Zweiter Schritt: Rotation der bildgebenden Vorrichtung um das Gefäßsystem unter Erzeugung von Projektionsaufnahmen aus unterschiedlichen Richtungen, während das im ersten Schritt injizierte Kontrastmittel das Gefäßsystem füllt. Auf den so erzeugten Projektionsaufnahmen stellt sich das ganze Gefäßsystem optimal dar, so dass aus diesen Aufnahmen der dreidimensionale Gefäßbaum rekonstruiert werden kann. Für die Rekonstruktion können insbesondere die aus der Rotations-

angiographie bekannten Verfahren eingesetzt werden, welche unter anderem auch eine Selektion von Projektionsaufnahmen aus gleichen EKG- bzw. Herzschlagphasen umfassen können.

- 5 Durch die beschriebene Einrichtung ist es möglich, mit einer einzigen Kontrastmittelinjektion sowohl die Ausbreitung des Kontrastmittels und damit die Strömungsverhältnisse zu erfassen als auch den Gefäßbaum dreidimensional zu rekonstruieren. Die Belastung des Patienten durch Kontrastmittel wird somit auf einem minimalen Niveau gehalten.
- 10 Insbesondere dann, wenn die bildgebende Vorrichtung eine Röntgenapparatur ist, ist die Steuereinheit weiterhin optional dazu eingerichtet, während der Rotation der bildgebenden Vorrichtung eine Erzeugung von Projektionsaufnahmen mit geringerer Aufnahme rate und/oder mit geringerer Strahlendosis zu veranlassen. Die geringere Strahlendosis kann bei einer Röntgenapparatur zum Beispiel durch eine entsprechende Einstellung des
- 15 Röhrenstromes und/oder der Röhrenspannung bewirkt werden. Durch die Verringerung der Aufnahme rate und/oder der Strahlendosis wird gewährleistet, dass die Strahlenbelastung des Patienten während der Rotationsaufnahmen auf ein Minimum begrenzt wird.
- 20 Gemäß einer Weiterbildung der Einrichtung ist die Steuereinheit ferner dazu eingerichtet, die bildgebende Vorrichtung nach Beendigung der Rotation so anzusteuern, dass sie weitere Projektionsaufnahmen aus einer gleichbleibenden Projektionsrichtung erzeugt. Vorzugsweise findet diese Erzeugung wiederum mit hoher Aufnahme rate statt. Durch derartige Aufnahmen am Ende der Rotation ist es möglich, auch das Abfließen des
- 25 Kontrastmittels aus dem Gefäßsystem zeitaufgelöst zu beobachten.

- Gemäß einer anderen Weiterbildung der Einrichtung ist die Steuereinheit dazu eingerichtet, den Beginn der Rotation der bildgebenden Vorrichtung in Abhängigkeit von einer Bildanalyse der Projektionsaufnahmen während des Einfließens des Kontrastmittels
- 30 auszulösen. Insbesondere kann anhand der während des Einfließens erzeugten Projektionsaufnahmen der Zeitpunkt ermittelt werden, zu dem das Kontrastmittel den

gesamten Gefäßbaum füllt, d.h. der Einfließvorgang beendet ist und die Bedingungen für die Rotationsaufnahmen gegeben sind.

Ferner kann die Steuereinheit auch mit der Injektionseinrichtung des Kontrastmittels  
5 gekoppelt sein, um automatisch den Injektionsvorgang zu erfassen und/oder zu steuern. Bei einer Erfassung des Injektionsvorganges kann die Steuereinheit zum Beispiel eine Information darüber erhalten, wann ein Benutzer eine Kontrastmittelinjektion auslöst, so dass die Steuereinheit abgestimmt hierauf die Erzeugung von Projektionsaufnahmen veranlassen kann. Wenn die Steuereinheit die Injektionseinrichtung steuern kann, kann sie  
10 selbst den Injektionsvorgang automatisch auslösen.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur dreidimensionalen Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem mit Hilfe von zweidimensionalen Projektionsaufnahmen des Gefäßsystems während einer Kontrastmittelinjektion, welches  
15 die folgenden Schritte umfasst:

- a) Erzeugung von Projektionsaufnahmen aus derselben Projektionsrichtung mit einer hohen Aufnahmezeit während des Einfließens des Kontrastmittels;
- 20 b) Erzeugung von Projektionsaufnahmen des Gefäßsystems aus unterschiedlichen Richtungen, während das Gefäßsystem mit Kontrastmittel gefüllt ist.

Das Verfahren implementiert in allgemeiner Form die mit einer Einrichtung der oben beschriebenen Art ausführbaren Schritte. Für die Erläuterung von Einzelheiten, Vorteilen  
25 und Varianten des Verfahrens wird daher auf die obige Beschreibung Bezug genommen.

Insbesondere kann bei dem Verfahren die Erzeugung der Projektionsaufnahmen mit Hilfe von Röntgenstrahlung erfolgen. Um dabei die Strahlenbelastung für den Patienten auf ein Minimum zu begrenzen, wird die Aufnahmezeit und/oder die Strahlungsdosis während  
30 Schritt b) gegenüber den Verhältnissen in Schritt a) auf ein erforderliches Maß reduziert.

Weiterhin werden nach Abschluss von Schritt b) vorzugsweise wieder Projektionsaufnahmen aus einer stationären Richtung erzeugt, während das Kontrastmittel aus dem Gefäßsystem abfließt. Durch die Verfolgung des Kontrastmittelabflusses steht eine zweite Beobachtung zur Verfügung, die eine Beurteilung der Strömungsverhältnisse im

5 Gefäßsystem erlaubt.

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch die erfindungsgemäße Einrichtung zur dreidimensionalen

10 Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem während des Einfließens des Kontrastmittels;

Fig. 2 die Einrichtung von Figur 1 während der Rotation der Röntgenvorrichtung;

15 Fig. 3 die Einrichtung von Figur 1 während des Abfließens des Kontrastmittels.

Dem in den Figuren dargestellten System liegt eine medizinische Anwendung zugrunde, wobei die vorliegende Erfindung jedoch nicht hierauf beschränkt ist. Im Rahmen der medizinischen Anwendung sollen die Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem 3 wie

20 zum Beispiel in den Herzkranzgefäßen dreidimensional beobachtet und rekonstruiert werden. Zu diesem Zweck enthält die Einrichtung eine Rotations-Röntgenapparatur 1 mit einer Röntgenstrahlenquelle 2 und einem Röntgendetektor 4 zur Erzeugung von zweidimensionalen Projektionen des Gefäßsystems 3 sowie eine Injektionseinrichtung 5 zur Injektion eines Kontrastmittels in das Gefäßsystem. Die Injektionseinrichtung 5 kann

25 insbesondere eine Pumpe sowie einen ins Gefäßsystem führenden Katheter umfassen. Des Weiteren ist die Einrichtung mit einer Steuereinheit 6 (z.B. Workstation) gekoppelt, welche die Röntgenapparatur 1 steuern und hiervon erzeugte Aufnahmen auswerten kann. Schließlich enthält das System noch ein EKG Gerät 7, welches mit der Steuereinheit 6

30 gekoppelt ist, um eine Korrelation der Aufnahme-prozedur mit der Herzschlagphase zu ermöglichen.

Mit der beschriebenen Einrichtung ist es möglich, aus einer einzigen Kontrastmittelinjektion beziehungsweise mit einem einzigen Kontrastmittel-Bolus sowohl die Strömungsverhältnisse zeitlich zu erfassen als auch das Gefäßsystem räumlich zu rekonstruieren. Um dies zu erreichen, ist die Steuereinheit 6 mit einem entsprechenden

5 Programm zur Ansteuerung der Einrichtung 1 ausgestattet, so dass die nachfolgend im Einzelnen erläuterte Aufnahme-prozedur ausgeführt werden kann.

- Bei dem in Figur 1 dargestellten ersten Schritt der Aufnahme-prozedur werden aus einer gleichbleibenden Projektionsrichtung A Projektionsaufnahmen des Gefäßsystems 3 mit
- 10 einer hohen Aufnahme-rate von typischerweise 30-80 Bildern pro Sekunde, vorzugsweise ca. 50 Bildern pro Sekunde, erzeugt. Zu Beginn der Aufnahmeserie wird dabei die Kontrastmittelinjektion veranlasst, so dass sich auf den Aufnahmen das Einfließen des Kontrastmittels in das Gefäßsystem zeitlich aufgelöst widerspiegelt.
- 15 Wenn das Kontrastmittel das gesamte Gefäßsystem 3 ausfüllt, kann von Hand durch einen Benutzer oder automatisch durch die Steuereinheit 6 die zweite Phase der Aufnahme-prozedur mit einer Rotation der Röntgenvorrichtung 2, 4 um das Gefäßsystem 3 ausgelöst werden. Eine automatische Auslösung kann zum Beispiel durch eine Bildanalyse der aus Position A erzeugten Projektionsaufnahmen erfolgen. Ebenso kann die
- 20 Steuereinheit 6 durch eine Kopplung mit der Injektionseinrichtung 5 feststellen, wann eine gewisse Menge Kontrastmittel injiziert worden ist oder eine bestimmte Zeit seit Beginn der Injektion verstrichen ist, um sodann die Rotation auszulösen. Während der Rotation der Röntgenvorrichtung werden Projektionsaufnahmen aus unterschiedlichen Richtungen B<sub>i</sub> erzeugt, aus denen sich mit bekannten Verfahren die dreidimensionale Form des
- 25 Gefäßbaumes rekonstruieren lässt.

- Figur 3 zeigt einen optionalen letzten Schritt, bei welchem nach Abschluss der Rotation (Figur 2) noch einmal Röntgenprojektionen des Gefäßsystems 3 aus einer stationären Projektionsrichtung C erzeugt werden. Auf diesen Aufnahmen kann insbesondere das
- 30 Abfließen des Kontrastmittels aus dem Gefäßsystem zeitlich aufgelöst beobachtet werden, so dass weitere Informationen für die Flussrekonstruktion zur Verfügung stehen. Darüber



hinaus ermöglicht diese Beobachtung auch die Berechnung von zusätzlichen Parametern wie etwa den Zeiten, für die das Kontrastmittel in einem Teil des Gefäßsystems verbleibt.

- Die Anfangs- und die Endposition der Rotation des Röntgensystems müssen
- 5 selbstverständlich entsprechend kalibriert werden. Weiterhin ist es möglich, auf die stationäre Aufnahmephase gemäß Figur 1 zu verzichten, wenn für die zeitliche Beurteilung des Strömungsflusses entsprechende Aufnahmen am Ende der Injektion (Figur 3) erzeugt werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Einrichtung zur dreidimensionalen Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem (3) mit Hilfe von zweidimensionalen Projektionen des Gefäßsystems während einer Kontrastmittelinjektion, enthaltend

- 5     -     eine bildgebende Vorrichtung (1) zur Erzeugung zweidimensionaler Projektionsaufnahmen des Gefäßsystems (3) aus unterschiedlichen Richtungen (A, B, C);
- 10     -     eine Injektionseinrichtung (5) zur gesteuerten Injektion eines Kontrastmittels in das Gefäßsystem (3);
- 15     -     eine mit der bildgebenden Vorrichtung (1) gekoppelte Steuereinheit (6), welche dazu eingerichtet ist, die bildgebende Vorrichtung gemäß den folgenden Schritten anzusteuern:
  - a)     Erzeugung von Projektionsaufnahmen aus derselben Projektionsrichtung (A) mit einer hohen Aufnahmezeit während des Einfließens von Kontrastmittel nach einer Kontrastmittelinjektion;
  - 20    b)     Rotation der bildgebenden Vorrichtung um das Gefäßsystem (3) und Erzeugung von Projektionsaufnahmen aus verschiedenen Richtungen (B), während das Gefäßsystem (3) mit dem Kontrastmittel gefüllt ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die bildgebende Vorrichtung eine Rotations-  
Röntgenapparatur (1, 2, 4) ist.
- 5 3. Einrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass während der Rotation der Rotations-Röntgenapparatur (1, 2,  
4) die Projektionsaufnahmen mit geringerer Aufnahmezeit und/oder mit geringerer  
Strahlendosis erzeugt werden.
- 10 4. Einrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (6) dazu eingerichtet ist, die bildgebende  
Vorrichtung (1) nach Beendigung der Rotation zur Erzeugung von Projektionsaufnahmen  
aus einer stationären Projektionsrichtung (C) mit vorzugsweise hoher Aufnahmezeit  
anzusteuern.
- 15 5. Einrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (6) dazu eingerichtet ist, den Beginn der  
Rotation in Abhängigkeit von einer Bildanalyse der während des Einfließens des  
Kontrastmittels erzeugten Projektionsaufnahmen auszulösen.
- 20 6. Einrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (6) mit der Injektionseinrichtung (5)  
gekoppelt ist, um den Injektionsvorgang zu erfassen und/oder zu steuern.
- 25 7. Verfahren zur dreidimensionalen Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem  
Gefäßsystem mit Hilfe von zweidimensionalen Projektionen des Gefäßsystems während  
einer Kontrastmittelinjektion, umfassend die folgenden Schritte:  
a) Erzeugung von Projektionsaufnahmen aus derselben Projektionsrichtung (A) mit  
einer hohen Aufnahmezeit während des Einfließens des Kontrastmittels;

b) Erzeugung von Projektionsaufnahmen des Gefäßsystems (3) aus unterschiedlichen Richtungen ( $B_i$ ), während es mit Kontrastmittel gefüllt ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

5 dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionsaufnahmen mittels Röntgenstrahlung erzeugt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmerate und/oder die Strahlungs-dosis während

10 Schritt b) verringert ist.

10. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, dass nach Schritt b) Projektionsaufnahmen aus einer stationären

Richtung (C) während des Abfließens des Kontrastmittels aus dem Gefäßsystem (3) erzeugt

15 werden.

ZUSAMMENFASSUNG

## Verfahren und Einrichtung zur Strömungsrekonstruktion

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur dreidimensionalen Rekonstruktion der Strömungsverhältnisse in einem Gefäßsystem (3), wobei in einer ersten
- 5 Phase nach Beginn einer Kontrastmittelinjektion Röntgenprojektionsaufnahmen aus derselben Richtung (A) mit einer hohen Aufnahmerate erzeugt werden, um das Einfließen des Kontrastmittels zu beobachten. Wenn das Kontrastmittel das Gefäßsystem (3) ausfüllt, erfolgt eine Rotation der Röntgenvorrichtung (1), während welcher Projektionsaufnahmen mit geringerer Aufnahmerate und/oder kleinerer Strahlendosis erzeugt werden, aus denen
- 10 sich die dreidimensionale Struktur des Gefäßbaumes rekonstruieren lässt. Optional können am Ende der Rotation wieder Projektionsaufnahmen aus einer stationären Richtung erzeugt werden, welche das Abfließen des Kontrastmittels aus dem Gefäßsystem (3) beobachten.
- 15 (Figur 1)

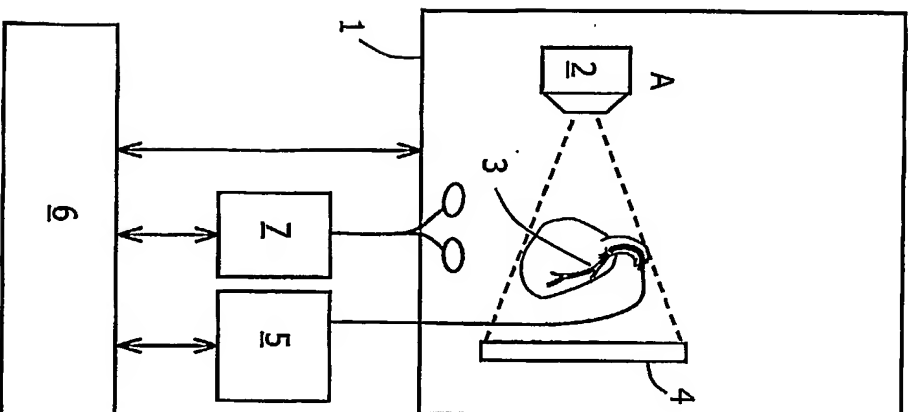


Fig. 1

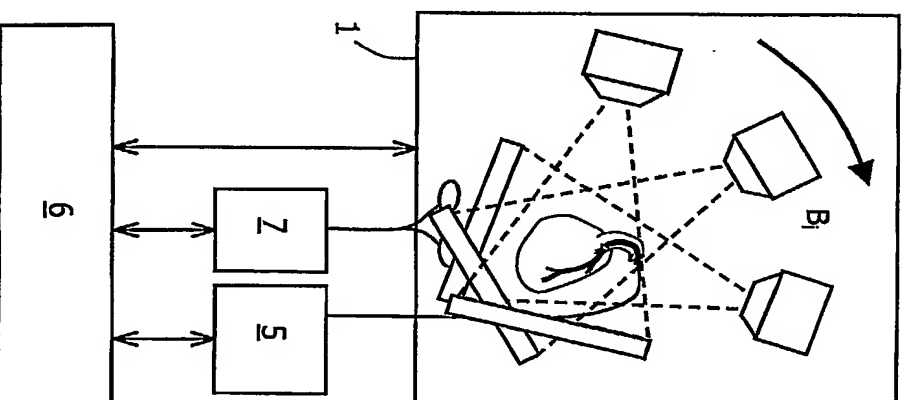


Fig. 2

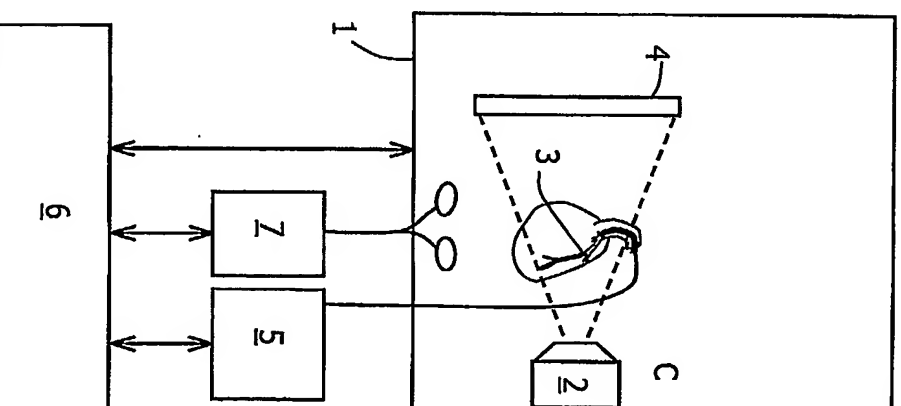


Fig. 3

**PCT/IB2004/051432**

